離子對仙草膠熱可逆性質之影響

史宏財[1] 許明仁[2]

摘 要

為探討仙草多糖膠質在凝膠後的加熱再溶解現象，本研究利用不同濃度之鋰、鈉、鉀、銨根一價離子與鎂、鈣、鋇二價離子溶液，浸泡 0.8cm3 之仙草凝膠顆粒或將離子直接加入仙草萃取液中，再添加澱粉讓其凝膠，測定 100 ℃、 60 分鐘及 121 ℃、 15 分鐘下殘存仙草膠體顆粒之凝膠強度，結果顯示浸泡高濃度之一價或二價離子，皆可抑制凝膠顆粒熱溶現象及增強凝膠強度。不同離子種類抑制膠溶現象之效果以鈣離子最佳，其濃度愈高則凝膠強度也愈高。仙草萃取液直接添加離子之效應，顯示鋰、鈉離子濃度大於 800ppm 、 2,000ppm ，鉀、銣及銨根離子在 3,000ppm 以上時，都會明顯抑制仙草凝膠現象之形成。而鈹、鎂、鈣、鍶、鋇離子之濃度分別在 40 、 60 、 60 、 100 、 100ppm 以上時，也會抑制仙草凝膠作用之發生。仙草之萃取及製罐，必需注意萃取用水之品質及碳酸鈉之用量。以 0.04~0.06 ％氯化鈣溶液處理仙草凝膠顆粒，則可防止仙草凝膠之高溫溶解現象。

關鍵字：仙草膠、熱可逆性、凝膠、離子、製罐

桃園區農業改良場副研究員、國立台灣大學園藝學研究所教授

前　言

仙草學名爲 *Mesona procumbens* Hemsl.，全草經加鹼萃取所得之膠液性質特殊，添加約2％澱粉後所成之凝膠，可經高溫長時間殺菌（121 ℃、 30 分鐘）仍保有凝膠不溶之性質，近來廣被食品加工業界製成罐裝仙草蜜飲料食用 [1] 。商業上在製造含顆粒仙草凝膠之仙草蜜罐頭時，常因用水處理的不當，當仙草凍經切爲顆粒和糖液混合充塡於罐中，經高溫殺菌後會造成仙草膠體的溶解消失現象，此種在製造技術上的品質不穩定，對業界會造成極大的損失。

仙草多糖膠質中含有大量的糖醛酸，其主要構成物質爲果膠成分 [2] ，果膠普遍存在於植物體，其凝膠受離子影響，如低甲氧基果膠之膠化反應係由鈣離子所引起 [5] ，果膠中添加鈣、鎂等二價金屬離子會和果膠形成網狀結構而包覆更多自由水，此爲鹽類所帶之電荷數及離子水合半徑大小所造成 [12] ，而果膠成膠作用又和其分子中酯鍵多寡有關，因其可和鈣離子結合成架橋而凝膠 [10] 。在製做果膠軟糖時所用之低甲氧基果膠之凝膠也靠鈣離子 [13] ，故仙草多糖膠質中存在的果膠可能扮演著抑制其膠體發生溶解現象的角色。

不同種類與濃度之一價鉀陽離子可以促進及影響鹿角菜膠凝膠之效果 [4,6,7,9,11,15] 。一價鈉離子則對 Iota- 鹿角菜膠有抑制凝膠之效果 [9] ，5％食鹽也會降低動物膠(gelatin)膠體之強度。二價金屬離子促進凝膠之原因在於其和多糖膠質主鏈形成交聯的網狀結構所致，例如鈣、鎂會影響鹿角菜膠、褐藻膠 (alginate) [3,5,6,10,12,13] 、傑蘭膠(gellen gum) [8,14] 、乳清蛋白 [16] 、球蛋白 [5] 等之凝膠及膠體安定性。

有關陽離子對仙草凝膠影響資料有限，惟因其部份性質類似海草抽出物，本研究即利用不同濃度之鋰、鈉、鉀、銣、銫、銨根一價離子與鈹、鎂、鈣、鍶、鋇等二價離子溶液浸泡或添加方式，探討仙草凝膠顆粒的熱溶抑制現象，以解決仙草蜜罐頭加工時仙草凝膠顆粒發生熱溶造成業者損失。

材料與方法

一、仙草材料：關西仙草(匍匐，貯藏一年)及大陸仙草(貯藏一年)兩種。

二、仙草之萃取：

將關西仙草及大陸仙草全草洗淨，分別置於萃取槽中添加適量水及 0.5 ％碳酸鈉，通入蒸氣連續維持沸騰萃取三小時，所得仙草萃取液經振動篩過濾。

三、仙草凝膠之製造：

將仙草萃取液調爲全可溶性固形物含量爲 1.2° Brix 之仙草稀釋液，趁熱添加 2.0% 小麥澱粉，攪拌完全後冷卻成凍。

四、離子溶液浸泡處理：

將預切成 0.8cm3 之仙草凝膠顆粒（關西仙草及大陸仙草）浸泡於預先調配好之0.02、0.03、0.04、0.05、0.06、0.07、0.08、0.09、0.1、0.3、0.5、1.0、2.0％ 14 種濃度之鋰、鈉、鉀、銨根離子與鎂、鈣二價離子氯化物溶液，再分別經過煮沸（100 ℃，60 分鐘）及裝罐殺菌（121 ℃，15 分鐘）兩種熱處理，冷卻後隨即測定殘存仙草膠體顆粒之凝膠強度。

五、離子之直接添加處理：

將未加鹼萃取所得之仙草萃取液調成含有 20、40、60、80、100、200、400、800、1,000、2,000、3,000、4,000、8,000、10,000ppm 濃度之鋰、鈉、鉀、銨根離子與鈹、鎂、鈣、鍶、鋇二價離子之溶液，再加入 2％之小麥澱粉液，加熱使其糊化並攪拌均勻，測定冷卻後仙草凝膠顆粒之凝膠強度。

六、果膠含量：

採用 Blumenkrantz & Asboe-Hansen 之 m-hydroxydiphenyl 呈色法分析之。

七、脆度之測定：

採用 Fudoh Kogyo CO. LTD. 物性測定儀 (Rheometer，NRM-2010-J-CW) 進行測定，測定條件如下：感應器 (sensor)：1公斤；套頭 (adaptor)：No.4 直徑 5mm；殘餘 (clearance)：20 %；載物臺速度：6 cm/min。記錄器電壓：1 伏特；記錄紙移動速度6cm/min。

結果與討論

爲抑制仙草多糖膠質在凝膠發生後的再加熱溶解現象，本研究利用0.01、0.02、0.03、0.04、0.05、0.06、0.07、0.08、0.09、0.1、0.3、0.5、1.0、2.0％ 14 種濃度之鋰、鈉、鉀、銨根離子與鎂、鈣二價離子之氯化物溶液浸泡仙草之0.8cm3凝膠顆粒，分別經過煮沸（100 ℃，60 分鐘）及裝罐殺菌（121 ℃，15 分鐘）兩種熱處理，冷卻後隨即測定殘存仙草膠體顆粒之凝膠強度，並觀察凝膠顆粒之溶解現象。

表1、表2顯示關西仙草之凝膠顆粒無論是經一價鋰、鈉、鉀鹼金屬離子與銨根離子溶液浸泡加熱處理（100 ℃或 121 ℃）或是以二價鈣、鎂鹼土金屬離子浸泡加熱處理者，高濃度下，都可以抑制仙草凝膠顆粒之熱溶，離子濃度愈高時之凝膠強度愈大，顯示一價鹼金屬離子與二價鹼土金屬離子對仙草凝膠之顆粒都有促進安定之作用，而一價鹼金屬離子間促進仙草凝膠安定或增進其凝膠強度能力依序爲 $K^+>Na^+>Li^+>NH_4^+$ ，此和以鹿角菜膠爲材料之結果相似[(6)]。一價鹼金屬離子促進仙草凝膠穩定之原因，可能類似鉀離子促使鹿角菜膠分子形成螺旋狀之聚集物而達成相互間的聯結形成凝膠[(4)]，由於仙草凝膠的發生必需配合適量膨潤澱粉之參與，其凝膠機制顯然與鹿角菜膠僅藉由離子之參與而達成凝膠不同，因在以離子溶液浸泡再加熱處理已預先製備好之仙草凝膠顆粒試驗中，鉀離子和固態之仙草多糖凝膠顆粒經熱溶後再重行配對，以形成更穩定之螺旋狀聚集物凝膠實無可能；其是否仿 David 之鹿角菜膠凝膠模式[(6)]，即在一價離子、仙草多糖凝膠分子、塡充仙草多糖凝膠網狀分子結構間之澱粉 -OH 基團三者間，一價離子可能扮演著仙草多糖凝膠分子間氫鍵形成的促進或抑制劑之角色，凝膠穩定性之表現則由氫鍵的形成與靜電吸引能力之大小而決定，惟其尚待進一步的研究證實。

在2％氯化鈣濃度下，鈣對促進仙草凝膠顆粒安定或增強其凝膠之能力和2％之氯化鉀相當（表1、表 2），其 100 ℃或 121 ℃下之凝膠強度分別約爲 58g/cm^3 與 75g/cm^3 ，大於2％二價氯化鎂離子之 51.7g/cm^3 與 54.1g/cm^3 ，此顯示鈣離子對促進仙草凝膠顆粒安定或增強其凝膠之能力大於鎂離子，此和 David 以褐藻膠爲材料之 $Ba^{++}>Sr^{++}>Ca^{++}>Mg^{++}$ 結果相同[(6)]。氯化鈣與氯化鎂離子在0.07％之較低濃度仍能表現出其對仙草凝膠顆粒有穩定防止熱溶之作用，而一價之鋰、鈉、鉀氯化物與醋酸銨根離子則至少須要 0.3~0.5% 以上濃度才有抑制仙草顆粒熱溶之作用，顯示一價與二價離子對仙草仙草凝膠顆粒之安定效果不同，亦即其和仙草凝膠顆粒之多糖分子作用方式可能不同，顯然二價離子是以更強的鍵結代替氫鍵形成與靜電吸引所造成之凝膠穩定。

表 *1*. 離子種類與濃度對關西仙草製成之凝膠顆粒在100℃下之膠溶影響

Table *1*. Effect of cation on the gel strength of hsian-tsao harvested from Guan-shi at 100℃

Kinds of cation	Concentration(%)													
	2.0	1.0	0.5	0.3	0.1	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	CK
Lithium chloride	50.4	41.1	29.6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–[1)]
Sodium chloride	44.6	39.3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Potassium chloride	57.5	54.8	44.1	35.5	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ammonium chloride	37.0	31.2	29.2	26.6	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Calcium chloride	58.6	54.9	48.0	43.8	42.1	43.6	38.9	26	–	–	–	–	–	–
Magnesium chloride	51.7	43.3	33.9	24.8	11.0	28.6	37.2	35.4	28.2	17.6	9.1	–	–	–
Magnesium sulphate	27.9	25.4	17.0	9.7	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

1) : Failure of gel formation.

表2.離子種類與濃度對關西仙草製成之凝膠顆粒在121℃下之膠溶影響
Table 2. Effect of cation on the gel strength of hsian-tsao harvested from Guan-shi at 121℃

Kinds of cation	Concentration(%)													
	2.0	1.0	0.5	0.3	0.1	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	CK
Lithium chloride	55.0	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−[1]
Sodium chloride	58.0	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
Potassium chloride	75.0	66.8	50.1	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
Ammonium chloride	50.6	22.6	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
Calcium chloride	75.4	79.7	72.6	73.9	71.7	60.8	69.8	57.9	63.8	51.9	51.3	48.5	32.4	−
Magnesium chloride	54.1	40.5	22.8	11.5	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
Magnesium sulphate	5.7	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−

1)：Failure of gel formation.

表3顯示關西仙草與大陸仙草萃取液中之果膠含量分別爲 0.28 %、0.34 %，其酯化度則分別爲 24.22 、 32.09 %，爲一種低甲氧基性果膠，故二價鈣離子對仙草凝膠顆粒之安定及增強效果較一價離子爲大是可以被解釋，因爲二價鈣離子會和果膠結合成架橋而增強其網狀結構[10,12]，此種凝膠作用方式和 Kappa- 鹿角菜膠的非專一性之靜電交互作用或含有一個可具專一性接合某種陽離子之位置不同[9]，但和 David 對鹿角菜膠提出 Smidsrod and Grasdalen's model 凝膠模式[6]有些類似，即鹿角菜膠之凝膠是一種分子內結構的改變，在凝膠現象發生前，鹿角菜膠分子會由線狀纏繞形態，經過螺旋體結構階段，再以某些特殊種類之陽離子作爲鍵橋而形成分子間之交錯鍵結達成凝膠現象。換言之，鈣離子和果膠之作用是以共價鍵方式結合，因其可以明顯的抑制仙草凝膠的熱溶現象並加強其凝膠強度。

表3. 關西仙草與大陸仙草之凝膠強度、果膠含量及酯化程度之比較

Table 3. Comparison of gel strength, contents of pectin, and esterification of pectin for hsian-tsao harvested from different district

Source of hsian-tsao	Gel strength (g/cm^2)					Pectin (%)		Esterification of pectin (%)
	0.8	1.0	1.2	1.4	1.6	Extract	Diluted extract	
Guan-shi	15.0	20.0	27.0	32.0	45.0	0.28	0.115	24.22
Mainland China	28.3	36.0	44.6	50.3	58.6	0.34	0.132	32.09

表4.表 5 顯示大陸仙草凝膠顆粒經不同離子種類與濃度熱溶處理（100 ℃及 121 ℃）後之凝膠強度明顯較關西仙草者（表 1 、表 2）爲高，其或許和仙草之品質有直接且密切之關係，此由大陸仙草之凝膠品質明顯較關西仙草爲佳（表 3）可以看出，即大陸仙草有著較高的多醣凝膠物質含量。大陸仙草果膠酯化程度較高所導致之鈣離子、仙草多糖分子間交聯不足之影響不很明顯，或許其原來含有較高量之果膠成分已足可彌補其果膠酯化度較高之缺點。

比較大陸仙草或關西仙草以 121 ℃熱處理（表 2 、表 5）、 100 ℃熱處理（表 1 及表 4）對仙草顆粒凝膠強度之影響，顯示不同種類高濃度之氯化鋰、氯化鈉、氯化鉀、氯化銨、氯化鈣、氯化鎂在 121 ℃熱處理下對仙草凝膠顆粒之凝膠強度都較 100 ℃之熱處理爲高（硫酸鎂例外），但由於在殺菌釜中經 121 ℃高溫強烈翻滾沸騰 15 分鐘，一價離子促進仙草凝膠多醣分子間氫鍵形成與靜電吸引作用以穩定仙草凝膠結構之能力不足以抵擋受熱破壞膠體結構之力量，因而導致一價鹼金屬離子在高濃度下才能抑制仙草凝膠顆粒之熱溶現象。二價鈣、鎂氯化物在0.02 %濃度下就能抑制仙草凝膠顆粒之熱溶現象，其原因可能是鈣、鎂離子能夠迅速在仙草凝膠顆粒外表形成一層保護層防止熱溶現象之發生，並以共價鍵方式和仙草凝膠顆粒外層之低甲氧基性果膠之 -COO- 基結合形成交聯而增強其凝膠強度。

表4.離子種類與濃度對大陸仙草製成之凝膠顆粒在100℃下之膠溶影響

Table 4. Effect of cation on the gel strength of hsian-tsao harvested from mainland China at 100℃

Kinds of cation	Concentration(%)													
	2.0	1.0	0.5	0.3	0.1	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	CK
Lithium chloride	87.0	91.0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–[1)]
Sodium chloride	75.7	56.3	48.2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Potassium chloride	147.0	121.0	75.0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ammonium chloride	104.4	90.2	90.9	64.2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Calcium chloride	249.6	119.9	116.1	104.2	70.2	87.7	61.9	43.6	–	–	–	–	–	–
Magnesium chloride	136.9	118.9	84.8	78.4	39.4	71.4	76.0	70.4	49.3	34.2	–	–	–	–
Magnesium sulphate	70.3	57.7	37.7	30.1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

1)：Failure of gel formation.

表 5. 離子種類與濃度對大陸仙草製成之凝膠顆粒在 121 ℃下之膠溶影響

Table 5. Effect of cation on the gel strength of hsian-tsao harvested from mainland China at 121 ℃

Kinds of cation	Concentration(%)													
	2.0	1.0	0.5	0.3	0.1	0.09	0.08	0.07	0.06	0.05	0.04	0.03	0.02	CK
Lithium chloride	138.0	99.1	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–[1)]
Sodium chloride	98.8	60.9	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Potassium chloride	138.2	129.2	101.2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Ammonium chloride	114.7	73.0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Calcium chloride	125.4	131.5	127.1	118.1	109.2	106.0	101.0	93.5	87.5	87.6	81.0	67.2	56.6	–
Magnesium chloride	151.6	82.7	50.4	34.8	45.3	48.1	50.4	47.4	50.5	45.7	44.3	46.1	40.5	–
Magnesium sulphate	18.0	22.7	23.7	30.0	32.6	31.8	33.7	31.3	29.3	29.1	27.4	28.4	–	–

1)：Failure of gel formation.

本研究爲探討金屬離子直接作用於仙草多醣分子之影響，將鋰、鈉、鉀、銣、銫一價鹼金屬離子與鈹、鎂、鈣、鍶、鋇二價鹼土元素氯化物直接添加於仙草稀釋液，調成濃度分別爲 20ppm 至 10,000ppm 不等之仙草稀釋液（全可溶性固形物爲 1.2OBrix），再添加 2.0 %之小麥澱粉後，經加熱糊化冷卻後測定其凝膠強度，表 6 結果顯示鋰、鈉離子濃度分別大於 800ppm 、 2,000ppm ，鉀、銣及銨根離子在 3,000ppm 以上時，都會明顯抑制仙草之凝膠，從而使仙草之凝膠作用無法生成。表 7 結果顯示鈹、鎂、鈣、鍶、鋇離子之濃度分別在 40ppm 、 60ppm 、 60ppm 、 100ppm 、 100ppm 以上時，也會抑制仙草凝膠作用之發生，且其濃度較一價離子更小。相對於一價鋰、鈉、鉀鹼金屬離子或二價鈣、鎂鹼土金屬離子可以促進鹿角

菜膠之凝膠現象[4,6,,7,9,11,15]，而且不需要有糊化膨潤澱粉的配合凝膠，更可以確認仙草之凝膠機制有別於海草抽出膠之凝膠機制。

溶液中離子成分對凝膠具有複雜的影響，例如鈉、鉀一價鹼金屬離子會和多醣聚合物長鏈上的負離子結合，而鹽類水解所生成之帶負電荷離子更會中和掉氫離子，從而降低多醣聚合物的離子化程度與氫離子的壓力與限制力，造成鹽類化合物會促進仙草凝膠多醣分子與分子間的聚合而形成收縮，使多糖凝膠分子鏈無法開展，進而使糊化膨潤之澱粉無法嵌入仙草多糖分子之網狀結構中，造成凝膠強度降低或無法凝膠，此種一價離子（如鈉離子）濃度的偏高造成仙草之無法凝膠常發生於傳統仙草萃取之業者。 Tanaka 發現二價的金屬離子所需要引起凝膠相變化的濃度，遠比一價的金屬離子所需的濃度低（約 4000 分之一）。主要是因爲兩價的金屬離子，只須一價金屬離子一半的濃度，就可以作用掉多糖聚合物分子的負離子，加以二價金屬離子較一價金屬離子更穩定，其可將氫離子固定，使得氫離子壓力大幅降低，減低氫鍵形成的凝膠安定作用，故仙草多醣之凝膠在極低濃度之二價陽離子下，就有極爲明顯的抑制作用。

表 *6.* 仙草萃取液中添加一價離子對仙草凝膠強度之影響
Table *6.* Effect of alkali metal cations and ammonium ion on the gel strength of hsian-tsao extract

Kinds of cation	Concentration(ppm)														
	20	40	60	80	100	200	400	800	1000	2000	3000	4000	8000	10000	CK
Lithium chloride	31.3	32.0	33.7	34.3	37.0	33.4	32.3	28.0	22.3	10.0	-	-	-	-[1)]	32.0
Sodium chloride	30.0	30.0	32.7	31.0	31.7	31.7	34.3	36.0	34.0	28.3	22.3	22.0	-	-	30.0
Potassium chloride	27.0	29.3	29.3	30.3	31.3	32.0	31.7	30.0	30.0	30.0	27.3	-	-	-	30.3
Rubidium chloride	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	30.0	30.0	30.0	29.0	29.0	25.0	25.0	25.0	25.0	30.3
Ammonium chloride			32.0	32.0	30.0	30.3	31.0	34.0	34.0	29.0	18.0	-	-	-	29.7

1)：Failure of gel formation.

綜合上述結果，商業上生產仙草萃取汁時，必需嚴格注意萃取時所添加碳酸鈉或碳酸氫鈉之使用量，此外也應該注意萃取用水之品質，以防止一價或二價離子濃度的過高所產生的凝膠變弱或是無法凝膠現象的發生。而在仙草蜜製罐過程中，則必需注意填充液中所存在鈣離子之濃度，一般可以在充填液中添加額外的鈣離子，或是先以 0.04~0.06 ％氯化鈣溶液浸泡已細切成丁狀之仙草凝膠顆粒，以加強仙草凝膠多糖分子間之結構，穩定其在高溫下會熱溶之不穩定結構特性，最後再以水漂去氯化鈣之苦味進行填充封罐製程，則可抑制仙草凝膠顆粒在高溫下之溶解現象。

表 7. 仙草萃取液中添加二價離子對仙草凝膠強度之影響
Table 7. Effect of alkali earth metal cations on the gel strength of hsian-tsao extract

Kinds of cation	Concentration(ppm)														
	20	40	60	80	100	200	400	800	1000	2000	3000	4000	8000	10000	CK
Beryllium chloride	35.0	30.0	30.0	25.0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-[1)]	32.1
Magnesium chloride	31.3	31.7	29.3	31.3	27.7	24.0	14.0	-	-	-	-	-	-	-	31.0
Calcium chloride	36.0	33.0	30.3	30.0	24.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33.7
Strontium chloride	32.0	40.0	40.0	37.3	22.0	25.0	20.0	13.0	-	-	-	-	-	-	33.0
Barium chloride	20.0	23.7	24.7	23.0	20.0	15.0	3.7	-	-	-	-	-	-	-	23.7

1)：Failure of gel formation.

參考文獻

1. 史宏財、許明仁。 1994 。仙草凝膠物質之萃取及其凝膠性質之研究。桃園區農業改良場研究報告 第 16 號 pp:1~9 。

2. 楊啓春、陳理宏、呂政義。 1982 。仙草凍凝膠機構之研究－以不同乙醇濃度沈澱仙草多醣膠質之凝膠性及其醣成分之組成。食品科學 9(1-2):19-26 。

3. Ak, M. M., A. Nussinovitch, O. H. Campanella, and M, Peleg, 1989. Crosslinking rates of thermally preset alginate gels. Biotechnology Progress 5(2): 75-77.

4. Braudo, E. E., 1992. Mechanism of galactan gelation. Food Hydrocolloids 6(1): 25-43.

5. Christensen, S. H., 1993. Pectin 'Gel' as candymaker's texturizer. Candy Industry, 158(4):34-40.

6. David, O., and Csiro, 1987. Gelling agents. CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition. 26(1):1-25.

7. Day, D. H., G.O. Phillips,and P.A., Williams, 1988. Gelation of kappa-carrageenan as studied by electron spin resonance spectroscopy. Food Hydrocolloids 2(1):19-30.

8. Dillon, P. M., 1990. Gums & starches bulk up low cal food. Food Engineering, Jan,pp87-90.

9. Lennart, P., 1991. Effects of ions on the disorder-order transitions of gel-forming polysaccharides. Food Hydrocolloids 5(1/2):57-69.

10. Morris, V., 1989. New ways of structuring food. Food,Nov. pp.47-51.

11. Nussinovitch, A., I. J. Kopelman, and S. Mizrahi, 1990. Effect of hydrocolloid and minerals content on the mechanical properties of gels. Food Hydrocolloids 4 (4):257-265.

12. Sawayama, S., and A. Kawabata, 1991. Effect of salts on the thermal properties of pectin solution on freezing and thawing. Food Hydrocolloids 5(4):393-405.

13. Sleap, J., 1988. Formulation of pectin confections:ingredient effects. The Manufacturing Confectioner, Nov.pp.77-79.

14. Tuley, L., 1989. Putting the bite into gums. Food Manufacture, May,pp.23-24.

15. Tye,R.J., 1988. The hydration of carrageenans in mixed electrolytes. Food Hydrocolloids 2(1):69-82.

16. Zhu, H., and S. Damodaran, 1994. Effects of calcium and magnesium ions on aggregation of whey protein isolate and its effect on foaming properties. Journal of Agricultural and Food Chemistry 42(4):856-862.

Effect of Ions on the Heat Reversible Characteristics of Hsian-tsao gel

Horng-tsair Shih[1] and Ming-jen Sheu[2]

Summary

Dissolve of hsian-tsao gel subjected to heat treatments were examined. Hsian-tsao gel in 0.8 cubic centimeter were dipped into the lithium, sodium, potassium, ammonium,calcium, magnesium, and barium chloride solutions at the concention ranged from 0.02 to 2.0%, respectively, and those metal ions were also added directly to the 1.2oBrix diluted hsian-tsao extract,those gel strength were measured then after wheat starch were added and gelatinized under 100 ℃ ,60 minutes and 121℃ ,15 minutes boiling. The results indicated that dipping in high concentration of cation solution not only inhibited the gel dissolution occurrence but also increased the gel strength of hsian-tsao. Calcium cation was the most effectively reagent to inhibit the gel dissolution among those ion treatments. Direct addition of cation to the diluted hisan-tsao extract showed the inhibition of gel formation when lithium, sodium ion concentration were above 800, 2,000 ppm,respectively, and the potassium, rubidium, ammonium ion were above 3,000 ppm. The same effect of alkali earth metal ion on gel formation was also noted when the concentration for beryllium, magnesium, calcium, strontium, and barium ion were above 40,60,60,100,100 ppm,respectively. Thus, during the extraction and canning, precaution should be taken to the water quality and dosage of sodium carbonate. In addition, in order to prevent the gel dissolution, 0.04 % to 0.06 % calcium chlorides solution could be applied.

Key words : Hsian Tsao, Heat Reversible, Gel Formation, Ion, Canning.

---

1. Researcher, Taoyuan District Agricultural Improvement Station.
2. Professor, Graduate Institute of Horticulture, National Taiwan University.